

Web ダイナミックマップの構築と 交通制御アプリケーションの実装

英 翔子¹ 杉坂 竜亮¹ 佐藤 健哉¹

概要：近年，ITS に関する研究開発が盛んに行われており，中でも，ダイナミックマップが注目されている．本研究では，ダイナミックマップを構築することで，走行している全ての車両や歩行者の情報を把握し，その情報を基に信号機のように交差点において進行・停止の指示を出すようなアプリケーションを開発した．このアプリケーションを用いることで，信号機が不要となり，信号機による待ち時間の問題も解決することができる．また，サーバ内部での処理時間を計測し評価を行い，処理時間が短く問題がないことを示した．

Construction of Web Dynamic Map and Implementation of Traffic Control Application

SHOKO HANABUSA¹ RYOSUKE SUGISAKA¹ KENYA SATO¹

1. はじめに

近年，道路交通が抱える問題を解決するため，ITS の研究が活発に行われている．中でも，車車間通信が注目されている．車車間通信は，複数の車両同士が通信を行い，情報を共有することで，交通の安全を高める技術である．複数の車両が情報を共有するための技術としてダイナミックマップがある．ダイナミックマップとは，建物などの静的な情報だけでなく，歩行者や車両などの動的な情報を組み込んだ地図情報のことである．ダイナミックマップは今後研究開発が活発になると考えられている自動運転技術において重要な役割を果たすと注目されている．ダイナミックマップを活用することによって事故の被害軽減や渋滞の緩和などの恩恵をもたらす研究が行われている．本研究では，Web ダイナミックマップを構築し，構築した Web ダイナミックマップを利用した交通制御アプリケーションを提案する．交差点における信号機によって，無駄な待ち時間が発生する場合がある．具体的には，図1のように，車両が存在しないのに赤信号の場合，無駄な待ち時間が発生する．本研究で提案する交通制御アプリケーションを利用することで，交差点の信号機によって発生する無駄な待ち時

間を削減することができる，車両や歩行者の位置情報の取得を行い，その情報を地図上へ反映し，ダイナミックマップを構築する．その情報を利用し，交差点に接近した場合に進行・停止の指示を出すアプリケーションを開発することで，信号機が無くても車両や歩行者が安全に走行することが可能となる．

2. 提案システム

2.1 概要

本研究は，Web ダイナミックマップを構築し，図2に示すような信号機の働きをするアプリケーションを開発する．今回，アプリケーションは，スマートフォンのアプリケー

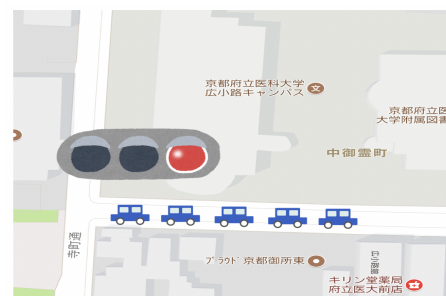


図1 信号機による待ち時間の発生

¹ 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻



図 2 交通制御アプリケーション

シオンとして実装した。スマートフォン上にダイナミックマップを表示し、交差点に接近した場合は、スマートフォンの画面に進行・停止の指示を表示する。運転者や歩行者はその指示に従って走行する。全ての車両や歩行者がスマートフォンなどの端末を通じてネットワークに接続可能な状態を想定し、各車両と歩行者はスマートフォンを用いて位置情報や速度、進行方向などの情報 [1] をサーバへ送信する。サーバは必要な情報を取得し、ダイナミックマップを構築する。これらの機能や情報はそれぞれに対応する API(Application Programming Interface) を用いることで容易に利用することが可能である。構築したダイナミックマップの情報をを用いて、自身の車両が交差点に差し掛かった時、アプリケーションがそのまま進行するのか、停止するのか指示を出すことでアプリケーションが信号機の役割を果たす。このアプリケーションを利用することで、信号機を無くし、信号機による待ち時間を削減することを目的とする。

2.2 前提条件

Web ベースダイナミックマップを構築するための環境条件を定義する。

- (1) 車両、歩行者はスマートフォンを所有している。
- (2) 無線通信によるデータの送受信が可能である。
- (3) 車両、歩行者はスマートフォンを用いて位置情報を取得することが可能である。
- (4) 全ての通信機器が無線通信によるデータ送受信が可能な範囲に存在する。
- (5) 車両、歩行者は位置情報が変化するとに走行情報を

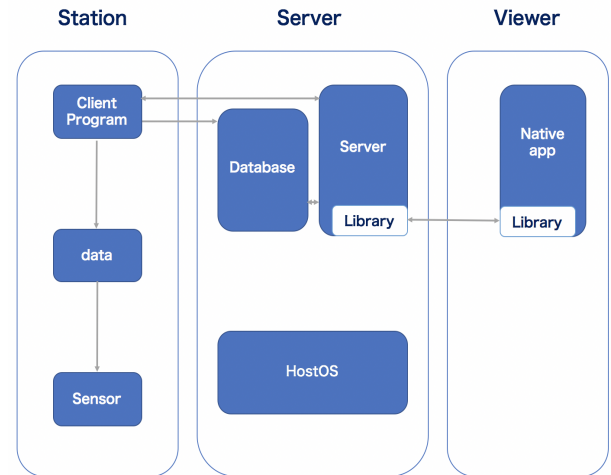


図 3 システム構成図

送信する。

2.3 位置情報の取得

車両や歩行者の位置情報はスマートフォンの GPS(Global Positioning System) を用いて緯度、経度、高度のデータを取得する [2]。位置情報は緯度、経度、高度のそれぞれに変化がある度に逐次取得しサーバに送信する。また同時にスマートフォンの加速度センサーや方位センサーを用いて、スマートフォンを所有している車両と歩行者の速度情報や進行方向などの情報を取得し送信する。送信される情報にはデータの生成時刻を付与する。

2.4 システム構成

提案システムは大きく分けて Station, Server, Viewer の 3 つの構成要素から成る。図 3 にシステムの構成図を示す。Station はスマートフォンを所有した車両や歩行者のことを意味し、必要となる車両の走行情報や位置情報を取得し Server に送信する役割を果たす。Server は Station から得た情報をデータベースに蓄積し、地図情報と組み合わせることでダイナミックマップを構築する。Viewer は Server が構築したダイナミックマップを端末上に表示し、Server が地図情報を更新するたびに変更を反映する。

2.5 Web ダイナミックマップ

Web ダイナミックマップが果たすべき役割は、他の車両の情報を把握し、複数の車両間でその情報を共有可能にすることである。Web ダイナミックマップは、構築されたダイナミックマップにパソコンやスマートフォンからアクセスすることによってシステムを利用する。車両や歩行者はスマートフォンを用いて位置情報や速度、進行方向などの情報をサーバへ送信し、サーバは必要な情報を取得し、ダイナミックマップを構築する。このように Web ダイナ

ミックマップを構築することで、複数の車両間で情報を共有することができる。

2.6 交通制御アプリケーション

交通制御アプリケーションとは、構築したダイナミックマップの情報をを用いて各車両を制御するアプリケーションである。バーチャル信号とは、アプリケーションの画面に指示を表示することで、アプリケーションが仮想的に信号機の役割を果たすということを意味している。交通制御とは、ダイナミックマップの情報を基に、交差点において信号機のように進行・停止の指示を出すことで、車両や歩行者の交通を制御するということを意味している。運転者や歩行者はこのアプリケーションの指示に従って運転をする。交通制御アプリケーションの役割は、車両や歩行者が信号機がなくても安全に走行できるように制御することである。交通制御アプリケーションでは、ダイナミックマップを利用することで、他の車両情報を把握できるため、信号機がなくても安全に走行することが可能である。システムの構成としては、図3のviewerの中にあるNative appの部分で交通制御アプリケーションが動作しており、このアプリを開くことで、serverからダイナミックマップを取得し、Webにアクセスして取得したダイナミックマップを表示させる。serverの部分で構築したWebダイナミックマップの情報を基に、進行・停止の指示を決定している。図3のstation, serverの部分で、Webダイナミックマップを構築するために必要な情報を収集し、構築を行なっている。まず、stationのセンサで、車両の位置情報や速度などを取得し、必要なデータを収集する。その情報をserverのデータベースに保存し、サーバでダイナミックマップを構築している。

2.7 動作手順

図4にStationが位置情報を送信してから、進行・停止の指示が出るまでの動作手順を示す。

3. システムの実装

3.1 概要

本研究において重要となる点は、Webダイナミックマップを構築することで、他車両の情報を正確に把握し、信号機を無くしても車両や歩行者が安全に走行することが可能かどうかである。スマートフォンから得た位置情報などのセンサ情報を基にダイナミックマップを構築し、その情報を基に、交差点において進行・停止の指示を正確に行い、アプリケーションが信号機の役割をすることが重要となる。運転者はアプリケーションに表示された指示に従う。これらを実装することでバーチャル信号を実現する。

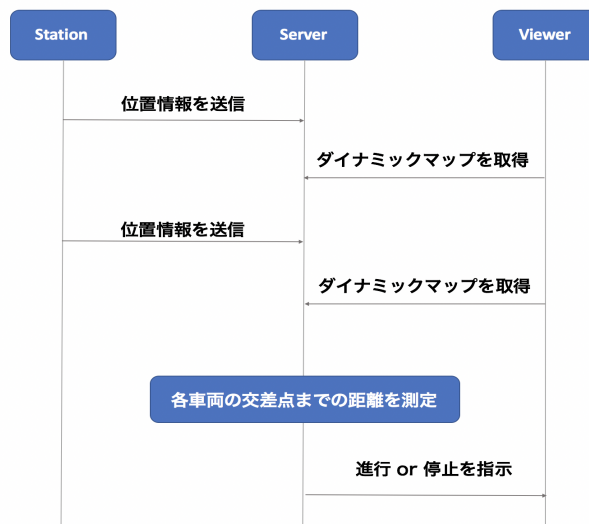


図4 動作手順

3.2 Webダイナミックマップ

Webダイナミックマップの構築において、station, server, viewerが果たすそれぞれの役割を示す。

3.2.1 Station環境

今回、Stationとして車両や歩行者の位置情報と走行情報を取得するためにiPhoneを使用し、開発で用いるプログラミング言語はSwiftを用いる。Stationはそれぞれ固有のステーションIDを持ち、IDに紐付けして位置情報と車両情報をServerに送信する。位置情報の取得にはCoreLocationフレームワークのlocationManager[3]を利用する。

3.2.2 Server環境

Node.jsはサーバーサイドでJavaScriptを使用するためのプラットフォームであり、小さなデータや小さな計算を素早く処理することが可能であるため、リアルタイムでの処理が必要となるアプリケーションの開発に向いているという特徴を持つ。またJavaScriptという一般的に扱いやすいとされているプログラミング言語でサーバを構築できるという点で、スムーズな開発をサポートすることが可能である。

3.2.3 Viewer環境

Viewerの役割を果たす端末は今回iPhoneを使用する。iPhoneからHTMLとJavaScriptによって記述されたWebブラウザにアクセスし、GoogleMap上に表示されたStationの情報を確認することが可能である。StationIDを指定することによって、特定のStationに注目した表示をしたり、StationIDを指定せずに全体を俯瞰した表示をするなどの切り替えを行う。

3.3 交通制御アプリケーション

交通制御アプリケーションにおいて、station, server, viewerが果たすそれぞれの役割を示す。

表 1 実装環境

	Station	Server	Viewer
OS	iOS 10.2	Linux	iOS 10.2
言語	Swift	JavaScript	Swift
CPU	A10 チップ	QEMU Virtual CPU	A10 チップ

3.3.1 Station 環境

station 環境においては、Web ダイナミックマップと同様の役割を果たしている。

3.3.2 Server 環境

交差点に接近した場合の進行・停止の指示の処理を行っている。車両が交差点に接近した場合、構築したダイナミックマップの情報を基に、他の車両が同じ交差点にいるか確認する。他の車両がいた場合、交差点までの距離が短い方に進行、その他の車両に停止の指示を Viewer に送信する。

3.3.3 Viewer 環境

交差点に接近した場合、Server から送信された指示を表示する。ドライバーは表示された指示にしたがって車両を走行させる。

3.4 実装環境

本研究における実装環境を表 1 に示す。Station 及び Viewer として iPhone を 4 台使用する。今回の環境では 1 台ずつの iPhone それぞれが Station と Viewer の両方の役割を果たす。

3.5 アルゴリズム

本提案システムの進行・停止の指示を行うためのアルゴリズムについて述べる。図 5 に進行・停止の指示を行うまでの流れを示す。車両の近くに交差点がある場合は、その交差点を通り過ぎていないか確認する。交差点を通り過ぎていない場合は、同じ交差点に他の車両がいるか確認し、いない場合は進行の指示を出し、他の車両がいた場合は、交差点までの距離が短いほうに進行の指示を出す。ドライバーはスマートフォンに表示された指示に従って走行する。

3.6 実装

今回、Web ダイナミックマップを構築し、仮想的に信号機の役割を果たすアプリケーションを実装した。Web ダイナミックマップが地図の表示や車両と歩行者の反映などを行い、それらの機能を利用して交差点に接近した場合、進行・停止の指示を出すシステムとなっている。車両が交差点に接近した場合、交差点までの距離が一番短かった車両には、進行の指示が出される。図 6 の画面上側から下側に向かって走行している赤色の三角形を自車両、画面右側から左側に向かって走行している青色の三角形を他車両とする。交差点までの距離が一番短かった車両には、進行の指

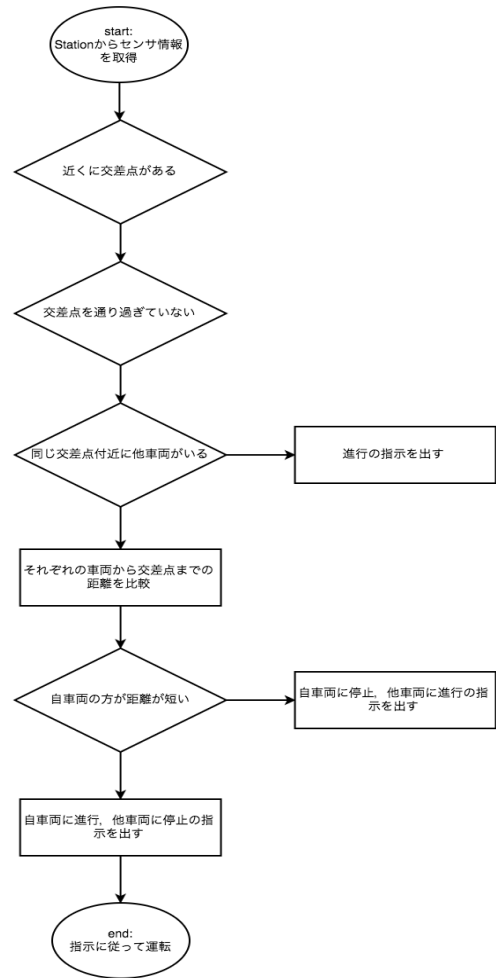


図 5 進行・停止のアルゴリズム

示が出されるため、図 6 では、GO という指示が出され、図 7 の他車両の画面には、STOP という指示が出される。交差点との距離が一番短かった車両が通り過ぎると、図 8 のように指示が出し直される。

4. 評価

4.1 評価方法

本提案システムでは、サーバで全ての車両情報を一括管理しているため、車両台数が増加した場合の処理時間が問題になる可能性がある。そこで、サーバ内部での処理時間を計測することで問題がないかどうかを評価する。提案システム全体の処理内容は以下のようにになっている。

- (1) 車両からサーバへ車両情報を送信する時間。
- (2) サーバ内部での処理時間。
- (3) サーバから車両へダイナミックマップの情報を送信する時間。

今回は、(2) のサーバ内部での処理時間を計測する。ダイナミックマップの構築と交差点に差し掛かった場合の進行・停止の処理が具体的な処理内容となる。今回は、本来



図 6 自車両のスマートフォンアプリの画面



図 8 他車両のスマートフォンアプリの画面 (2)



図 7 他車両のスマートフォンアプリの画面 (1)

はスマートフォンのセンサを用いて送信するセンサ情報をあらかじめ作成しておきデータベースに登録している。そのセンサ情報を 1 秒間隔で送信し、処理時間を計測する。処理時間は 10 回計測した処理時間の平均値とし、車両台数は、100 台～500 台まで 100 台ずつ増やして計測した。

4.2 評価項目

評価の結果は平均処理時間、最大処理時間を求め、台数ごとの結果を比較する。

表 2 評価環境

OS	macOS Sierra 10.12.3
プロセッサ	2.9 GHz Intel Core i5
DB	MongoDB
周期	1s
センサ情報	Station ID
	緯度
	経度
	進行方向
	速度

4.3 評価環境

評価環境を表 2 に示す。データベースに登録しておくセンサ情報は、Station ID、緯度、経度、進行方向、速度とする。Station はこれらのセンサ情報を 1 秒間隔で送信し、Server がダイナミックマップの更新を行う。

4.4 評価結果

実施した評価の結果を図 9 に示す。平均処理時間とは、10 回計測した処理時間の平均値を表し、最大処理時間とは、10 回計測した処理時間の内の最大の処理時間の値を示している。

5. 考察

5.1 処理時間に関する考察

本提案システムでは、サーバで全ての車両情報を一括管理しているため、車両台数が増加した場合の処理時間が問題になる可能性があったが、図 9 から車両台数を 500 台まで増加させても処理時間は短く問題ないことが確認できた。本提案システムを用いることで、信号機が不要となり、信

処理時間

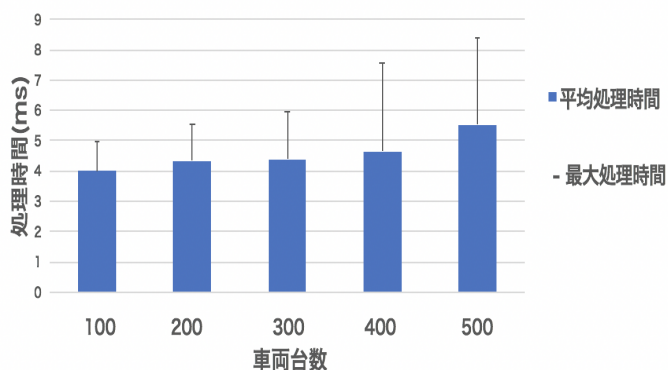


図 9 評価結果

号機による待ち時間の問題も解決するという利点が想定される。

5.2 Web ダイナミックマップに関する考察

今回は、図 1 に示したような無駄な信号の待ち時間を削減するために、交通制御アプリケーションを実装した。Web ダイナミックマップ上には、他にも協調型自動運転に向けたアプリケーションなど、今後、様々なアプリケーションの実装が考えられる。

5.3 今後の課題

本提案システムを用いることで、車両台数を増やしても処理時間に問題がないことが確認できた。今回は交差点に置ける進行・停止の指示を行うために交差点までの距離のみを考慮した。しかし、距離のみでは、交通の効率が悪くなってしまいう可能性があるため、距離以外も考慮する必要がある。また、車両が効率的に走行できるように信号機の制御方法を研究したものは数多くある [5]。さらに効率的に制御するためには、これらの研究を参考に改善が必要となる。また、今後は、スマートフォンを持っていない人も提案システムを利用できるように、従来の信号機と本提案システムを組み合わせる方法も考える必要がある。スマートフォンを持っている人は提案システムを利用し、持っていない人は従来の信号機を利用するなど、提案システムと従来の信号機を同期して利用できるようにする必要がある。

6. まとめ

近年、ITS に関する研究開発が盛んに行われ、その中でもダイナミックマップの必要性が高まっていた。そこで、本研究では、Web ダイナミックマップを構築し、交差点に接近した場合、構築したダイナミックマップの情報を基に、進行・停止の指示を出すアプリケーションを提案した。また、今回は、スマートフォンのアプリケーションとして実

装したが、本提案システムを自動運転車両に組み込むことで、将来、自動運転車両が走行する際、それぞれの車両を統合して制御するシステムとしても利用することが可能である [6]。本研究では、提案システムを用いた場合のサーバ内部での処理時間を計測し、評価を行った。提案システムを用いることで信号機を無くし、待ち時間の問題が解決できることを示した。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 16H02814 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 上坂大輔, 村松茂樹, スマートフォンを用いた歩行者デッドレコニング-センサで人の位置わかる仕組み, 情報処理, Vol.54(2013) No.6 pp570-573
- [2] 渋谷奈保, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 小島祥子, 高橋新, 車載レーザスキャナによる距離データマップの構築と高精度自車位置推定, 電子情報通信学会論文誌 (2009), Vol.J92-D No.2 pp.215-225
- [3] CoreLocation, <https://developer.apple.com/reference/corelocation>
- [4] Node.js, <https://nodejs.org/ja/>
- [5] 徐家興, 川井明, 柴田直樹, 伊藤実, GreenSwirl:交通渋滞の緩和を目指した信号制御および経路案内方式の提案と性能評価, 情報処理学会論文誌, Vol.57 No.1 pp66-78 2016.
- [6] 高田広章, 佐藤健哉, ダイナミックマップ-自動走行/協調運転支援のための情報プラットフォーム, システム/制御/情報, Vol.60 No.11 pp.457-462 2016.